

SÉRIE A, N° 249

N° D'ORDRE :

273

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

M. SZE SHIH-YUAN

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LE SPECTRE MAGNÉTIQUE DES
RAYONS β ÉMIS PAR LE $\text{ThB} + \text{C} + \text{C}' + \text{C}''$
ET $\text{L'AcB} + \text{C} + \text{C}' + \text{C}''$.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 22 Décembre 1932 devant la Commission d'examen

M^{me} P. CURIE..... *Président.*

MM. JEAN PERRIN..... }
A. DEBIERNE..... } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1932

SÉRIE A, N° 249

N° D'ORDRE :

273

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

M. SZE SHIH-YUAN

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LE SPECTRE MAGNÉTIQUE DES
RAYONS β ÉMIS PAR LE $\text{ThB} + \text{C} + \text{C}' + \text{C}''$
ET $\text{L'AcB} + \text{C} + \text{C}' + \text{C}''$.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le Décembre 1932 devant la Commission d'examen

M^{me} P. CURIE..... *Président.*

MM. JEAN PERRIN..... }
A. DEBIERNE..... } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1932

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

Doyen honoraire.... M. MOLLIARD.

Profess. honoraires. { H. LE CHATELIER. EMILE PICARD.
H. LEBESGUE. RÉMY PERRIER.
A. FERNBACH. LÉON BRILLOUIN.
A. LEDUC. A. DEREIMS.

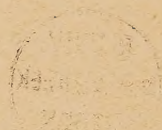
<i>Professeurs</i>	{	E. GOURSAT.....	Analyse supérieure et algèbre supér.
		P. JANET.....	Electrotechnique générale.
		F. WALLERANT...	Minéralogie.
		P. PAINLEVÉ.....	Mécanique anal. et mécanique céleste.
		M. CAULLERY.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés)
		EMILE BOREL.....	Calcul des probabilités et phys. mathém.
		H. ABRAHAM.....	Physique.
		M. MOLLIARD.....	Physiologie végétale.
		E. CARTAN.....	Géométrie supérieure.
		GABRIEL BERTRAND	Chimie biologique.
		JEAN PERRIN.....	Chimie physique.
		L. LAPICQUE.....	Physiologie générale.
		M ^{me} P. CURIE.....	Physique générale et radioactivité.
		G. URBAIN.....	Chimie générale.
		L. MARCHIS.....	Aviation.
		E. VESSIOT.....	Théorie des fonct. et théorie des transf.
		A. COTTON.....	Physique générale.
		J. DRACH.....	Application de l'analyse à la géométrie.
		CHARLES FABRY...	Physique.
		R. LESPIEAU.....	Théories chimiques.
		P. PORTIER.....	Physiologie comparée.
		CHARLES PÉREZ...	Zoologie.
		E. BLAISE.....	Chimie organique.
		P.-A. DANGEARD..	Botanique.
LÉON BERTRAND..	Géolog. structurale et géolog. appliquée.		
E. RABAUD.....	Biologie expérimentale.		
G. JULIA.....	Calcul différentiel et calcul intégral.		
PAUL MONTEL....	Mécanique rationnelle.		
V. AUGER.....	Chimie appliquée.		
P. WINTREBERT..	Anatomie et histologie comparées.		
O. DUBOSQ.....	Biologie maritime.		
EUGÈNE BLOCH....	Physique théorique et phys. céleste.		
N.....	Etude des combustibles.		
L. LUTAUD.....	Géogr. physique et géol. dynamique.		
HENRI VILLAT....	Mécanique des fluides et applications.		
CH. JACOB.....	Géologie.		
P. PASCAL.....	Chimie minérale.		
E. ESCLANGON....	Astronomie.		
H. BENARD.....	Mécanique expérimentale des fluides.		
C. MAUGUIN.....	Minéralogie.		
L. BLARINGHEM..	Botanique.		
A. GUILLIERMOND.	Botanique (P. C. N.).		
A. DENJOY.....	Mathématiques générales.		
A. DUFOUR.....	Physique (P. C. N.).		
H. BEGHIN.....	Mécanique physique et expérimentale.		



E. PECHARD.....	Chimie (Ens. P. C. N.).	M ^{me} RAMART-LUCAS	Chimie organique.
A. GUILLET.....	Physique.	FOCH.....	Méc. exp. des fluides.
M. GUICHARD.....	Chimie minérale.	PAUTHENIER.....	Physique (P. C. N.).
A. MICHEL-LEVY	Pétrographie.	VILLEY.....	Méc. phys. et expér.
H. MOUTON.....	Chimie physique.	De BROGLIE.....	Théories physiques.
L. DUNOYER....	Optique appliquée.	LABROUSTE.....	Physique du Globe.
M. JAVILLIER...	Chimie biologique.	FREUNDLER.....	Chimie (P. C. N.).
ROBERT-LEVY...	Zoologie.	PRENANT.....	Zoologie.
A. DEBIERNE...	Radioactivité.	P. JOB.....	Chimie générale.
E. DARMOIS.....	Physique.	CHRETIEN.....	Optique appliquée.
G. BRUHAT.....	Physique.	G. BOHN.....	Zoologie (P. C. N.).
F. PICARD.....	Zool. (Ev. êtres org.)	N.....	Chimie (P. C. N.).
L. JOLEAUD....	Paléontologie.	R. COMBES.....	Sc. Natur. (P. C. N.).
M. FRECHET....	Calcul des probab. et phys. math.	GARNIER.....	Mécan. Rationnelle.
		PERÈS.....	Mécan. des fluides.

Secrétaire..... A. PACAUD
Secrétaire honoraire... D. TOMBECK

A MES PARENTS



A MADAME PIERRE CURIE

SPECTRE MAGNÉTIQUE DES RAYONS β

ÉMIS PAR

LE ThB + C + C' + C'' ET L'AcB + C + C' + C''

Par M. SZE SHIH-YUAN.

SOMMAIRE. — L'auteur a déterminé à l'aide de la méthode de focalisation les énergies des rayons β émis par le dépôt actif du thorium et de l'actinium.

Grâce à l'amélioration de la technique expérimentale il a pu obtenir des raies d'une largeur aussi fine que 0 cm. 005 (1), largeur, jamais obtenue jusqu'ici, pour le spectre magnétique des rayons β .

Cette finesse des raies lui permet de séparer des multiplets considérés jusqu'ici comme simples, notamment les doublets de la raie de HR 1760 et 1119 de ThB.

De l'existence de ces deux doublets, il a conclu que la probabilité de conversion interne dans les niveaux électroniques L_2 pour les rayons γ d'énergie 100 eKV à 240 eKV n'est pas nulle : le groupe des rayons β d'origine L_2 est observable contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici.

De la largeur extrêmement fine (de 0 cm. 003) obtenue pour le groupe de rayons β de HR 1398 de ThB, il a conclu que l'énergie de ce groupe de rayons β est homogène à environ 90 électronvolts près, et le rayonnement γ de 240,7 électron-kilovolts, est homogène à 140 électronvolts près.

Il a trouvé que ThB émet plusieurs rayons β ayant les mêmes énergies que certains rayons β de RaB.

Il a pu mettre en évidence l'existence de quelques groupes de rayons β de faible intensité dans le spectre ThC + C' + C'', notamment dans la région de HR 6000 environ.

De ses mesures, il a déduit que dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}'$, il y a une émission de rayons γ d'énergies :

40,6 eKV
 289,3 eKV
 303,0 eKV
 581,2 eKV

qui sont égales à des différences énergétiques entre des groupes de rayons α de ThC.

Il a trouvé que dans la transformation $\text{AcC} \xrightarrow{\alpha} \text{AcC}''$, il y a émission d'un rayonnement γ dont l'énergie est égale à la différence des deux groupes de rayons α de l'AcC. Ces deux faits confirment en définitive l'existence d'une liaison numérique entre les rayons γ et la structure fine des rayons α .

Il a pu également préciser les sauts quantiques observables entre les états quantifiés dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$, et il a trouvé que tous les passages aux deux niveaux α ou α_1 existent.

INTRODUCTION

La découverte des éléments radioactifs a marqué une nouvelle phase dans le développement de la physique moderne et elle a permis l'élaboration des conceptions nouvelles sur la structure de la matière qui se rattachant à l'atome de Rutherford-Bohr. D'après le modèle atomique de Rutherford les rayons α, γ et une partie de rayons β sont émis par les noyaux au moment de leur transformation.

Le processus intime de ces émissions est encore peu connu, et ce n'est que très récemment que l'on a signalé une relation probable entre l'émission des rayons α et des rayons γ nucléaires.

S. Rosenblum (2) a signalé en 1929 et 1930 que ThC émet 5 groupes monocinétiques de rayons α , dont les différences énergétiques sont :

$$\alpha_1 - \alpha\text{ThC} = 40,6 \text{ eKV.}$$

$$\alpha_2 - \alpha\text{ThC} = 287 \text{ eKV.}$$

$$\alpha_3 - \alpha\text{ThC} = 441 \text{ eKV.}$$

$$\alpha_4 - \alpha\text{ThC} = 421 \text{ eKV.}$$

Feather (4) a remarqué que certaines de ces différences énergétiques sont égales aux énergies des rayons γ , émis par le dépôt actif du thorium.

G. Gamow (5) a interprété la liaison numérique en supposant que certains noyaux de ThC sont amenés dans des états d'excitation quantifiés, aux dépens de l'énergie des particules α émises lors de leur transformation. Ils reviennent à l'état normal par émission d'un rayonnement γ .

On sait que l'énergie des rayons γ est en général déduite du spectre magnétique des rayons β secondaires (spectre de

raies). Le spectre magnétique des rayons β émis par le dépôt actif du thorium a été étudié par plusieurs auteurs (6) (*).

On remarque que le nombre de groupes de rayons γ signalés est élevé et on peut se demander si la liaison numérique entre l'énergie des rayons γ et les différences d'énergie des groupes de rayons α n'est pas due à un hasard.

Pour examiner l'existence de cette liaison il est nécessaire de vérifier d'un côté l'existence de ces rayons γ , et d'autre part en augmentant la précision de mesures fixer leur origine.

Dans ce but, j'ai étudié avec soin le spectre magnétique des rayons β du dépôt actif de thorium, et j'ai également pour la même raison attaqué la question dans le cas du dépôt actif de l'actinium, pour lequel il n'existe qu'un travail de Hahn et Meitner (7).

Dans le cas de l'AcC, Rutherford (8), Ward et Wynn-Williams ont mis en évidence deux groupes de rayons α dont la différence est environ 350 eKV. Mme P. Curie (9) et Rosenblum ont trouvé pour cette différence 352 eKV. Rosenblum (10) et Dupouy ont précisé cette différence énergétique en tenant compte de l'énergie du recul, et ils ont adopté la valeur 353 eKV.

L'exposé de mes travaux est divisé en deux parties. Dans la première, je donne une description de la technique expérimentale, ainsi que les résultats obtenus sur l'ensemble des spectres β étudiés : on déduit les rayons γ émis et leurs origines. Dans la deuxième partie, on examine les niveaux

(*) Après que la rédaction de ce mémoire était achevée, Ellis (16) a publié un travail concernant le spectre magnétique du ThB + C. Cet auteur observe plusieurs multiplets dans le cas du ThB, en accord avec les résultats que j'ai publiés en mars (1). Ellis signale également des raies nouvelles dans le spectre de ThC + C' + C'' (en général), en accord avec mes résultats publiés en juin (11). En ce qui concerne l'attribution des groupes principaux de rayons intéressant la structure fine des rayons α du ThC, Ellis (14) arrive au même résultat dans un travail publié presque simultanément avec moi (11).

nucléaires dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$ et dans des autres transformations telles que l'on peut les admettre d'après mes expériences. On discute l'existence d'une liaison numérique entre l'énergie des rayons γ et les différences énergétiques observées dans l'émission α du ThC et l'AcC.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

La technique de l'expérience

J'ai utilisé l'appareil (*) de déviation magnétique (fig. 1) construit par d'Espine (15) (en employant la méthode de focalisation). L'ouverture de la fente dans mes expériences était choisie de façon que la largeur de la raie que l'on veut obtenir soit égale à la largeur de la source rayonnante. Dans ces conditions, on a moins de fond continu et ceci n'est pas obtenu au détriment de l'intensité effective des raies. L'ouverture de la fente la plus favorable a été calculée d'abord par Wooster (**), je l'ai vérifiée expérimentalement dans mes études préliminaires.

(*) Ce dispositif où les pièces polaires servent de parois pour la chambre de déviation de rayons β , permet d'avoir un champ magnétique intense et une distance relativement grande entre les pièces polaires ; cette grande distance entre les parois est favorable pour la diminution du fond continu.

(**) WOOSTER, *Proc. Roy. Soc.*, vol. 114, p. 743 (1927). Cet auteur a remarqué qu'il est impossible d'avoir des raies très fines à cause de la diffusion des rayons β dans la gélatine des plaques photographiques. Il a fait des expériences avec un groupe de rayons β d'énergie $2,5 \times 10^5$ électron-volts ; il a constaté qu'une raie qui doit être infiniment étroite d'après son calcul, devient aussi large que 0 mm. 2, et il a attribué ce fait à la diffusion dans la gélatine. Il en conclut que pour des rayons β d'énergie encore plus grande la diffusion serait encore

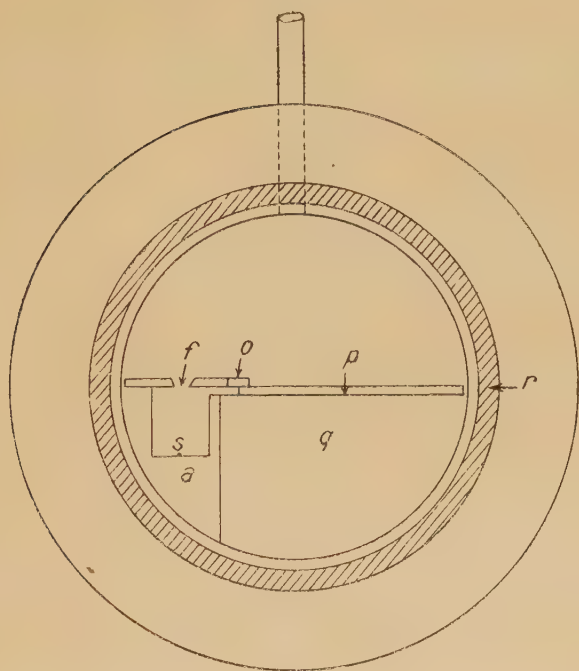


Fig. 1.

f, la fente.

s, la source rayonnante.

p, la plaque photographique.

r, rondelle en caoutchouc qui vient en contact avec les pièces polaires pour maintenir le vide dans la chambre à déviation.

o, pièce en laiton fixée sur le bloc de plomb *q*. Un côté de cette pièce porte un peu de polonium qui donne un repère sur la plaque photographique.

a, rainure en aluminium.

plus marquée. Avec les plaques photographiques que j'ai employées, je n'ai pas remarqué une diffusion aussi grande. Par contre, j'ai observé que dans les cas de plaques surexposées, les raies très intenses peuvent devenir plus larges qu'à l'ordinaire. Les rayons β d'énergie de $1,5 \times 10^5$ électron-volts, comme les rayons β d'énergie 25×10^5 électron-volts, donnent des raies aussi fines que 5/100 mm., limite imposée par la largeur du fil employé.

Le pouvoir séparateur d'un appareil de diamètre maximum donné, dépend surtout de la largeur des raies et est limité par la largeur de la source rayonnante. En employant des fils d'or de 5/1000 cm. de largeur comme support, on peut obtenir des raies aussi étroites que 5/1000 cm. Ceci fixe un pouvoir séparateur de 1/1600 environ pour un groupe de rayons de rayon de courbure de 4 cm. 5.

La finesse des raies est également fonction de la constance du courant magnétisant passant dans les bobines de l'électro-aimant et de la propreté de la source activée. On a pris beaucoup de soin en ce qui concerne ces deux facteurs. Lorsqu'on a une couche, même très mince, de matière sur la surface activée, les rayons ralentis par cette couche contribuent à la formation d'un dégradé vers les vitesses décroissantes.

Une plaque qui est sensible pour des rayons β d'une certaine vitesse peut ne pas être sensible dans une autre région du spectre. Pour les rayons β de $H\beta = 500$ à 10 000 environ, et parmi les plaques photographiques (plaque Micro, plaque Sigma, plaque Sensima, plaque Micropanchro, plaque Violette, plaque Opta, film Lumière, film Kodak) que j'ai essayées, la plaque Opta est en moyenne la plus sensible.

Comme dans la photographie ordinaire, le développement lent donne plus de détails, ce qui permet de discerner les raies de faible intensité. La durée de développement varie entre 25 et 60 minutes. J'ai observé que l'on voit mieux les raies de faible intensité sur des clichés mouillés que sur des clichés secs.

CHAPITRE II

I. — Les rayons β émis par le ThB (1)

La mesure de HR des raies nécessite en général une mesure de l'intensité du champ magnétique H, et une mesure du rayon de courbure R. Dans le cas où la valeur HR d'une raie est bien déterminée, on peut se passer de la mesure directe du champ magnétique qui se déduit de la connaissance de R. Les valeurs de HR des autres raies peuvent être déterminées à l'aide de cette raie comme étalon. On a choisi la raie très intense de ThB pour $HR = 1398$ d'après les mesures de précision de Black (6).

J'estime que l'erreur expérimentale dans l'évaluation du rayon de courbure R ne dépasse pas $1/500^{\circ}$.

L'intensité des raies est estimée visuellement et nous l'indiquons pour fixer l'ordre de grandeur.

Le spectre a été obtenu à l'aide d'une source rayonnante constituée par le dépôt actif du thorium. Les rayons n'appartenant pas à ThB sont identifiés par des expériences faites avec des sources de ThC + C' + C'' préparées en plongeant des plaques de nickel de 3×5 mm. dans une solution acide du dépôt actif de Th dans HCl.

Nous avons obtenu des clichés où la largeur des raies n'a que 0 mm. 05 (voir le cliché I de planche I qui donne les rayons β de ThB dans la région de $HR\ 1\ 000 \rightarrow 2\ 000$). Cette largeur nous permet de discerner des multiplets dans certaines raies considérées jusqu'ici comme simples.

L'ensemble du spectre des rayons β émis par le ThB tel qu'il résulte de nos expériences est le suivant :

TABLEAU I

H ρ	Energie $\times 10^5$ volts	Intensité
2033	2,854	5
1828	2,392	4
1815	2,368	15
{ 1762	2,2475	3
{ 1760	2,244	35
1700	2,1165	15
1398	1,507	100
1195	1,136	2
{ 1122,5	1,0133	0,5
{ 1119	1,007	10
1040	0,8805	2,0
{ 952,3	0,7948	0,2
{ 949,4	0,7425	0,2
{ 930,6	0,7160	0,2
{ 929,8	0,7147	0,2
881,9	0,6487	0,7
{ 866,2	0,6237	3
{ 860,0	0,6173	1
{ 844,2	0,5940	3
{ 838,5	0,5865	1

Les doublets observés dans nos expériences sont marqués par des crochets dans le tableau ci-dessus, la raie de $H\rho = 881,9$ est également nouvelle. Les raies du doublet de $H\rho = 1122,5$ et 1119 sont séparées par une distance de 0 cm. 025, sur les clichés, et celles du doublet de $H\rho = 1762$ et 1760 ne sont séparées que par une distance de 0 cm. 009 (rayons de courbure de 4 cm. 4 environ). Les raies de $H\rho = 952,3$, $949,4$, $930,6$ et $929,8$ forment deux bandes étroites ; à côté de chaque bande, il peut exister encore une ou deux raies, toutefois, la faible intensité de ces dernières ne nous permet pas de les discerner d'une manière concluante.

Dans le tableau II, je compare mes résultats avec ceux des publications antérieures.

TABLEAU II

Le spectre magnétique des rayons β de ThB.

Intensité	Szc — H ρ	Black — H ρ	Meitner — H ρ	Ellis — H ρ	Thibaud — H ρ	D'Espine — H ρ
5	2033	2037	2020	2015	—	—
4	1828	1831	—	—	—	—
15	1815	1820	1809	1798	1819	1820
3	1762 ⁽¹⁾	—	—	—	—	—
35	1760	1764	1750	1738	—	1764
15	1700	1701	1689	1677	1700	1701
100	1398	1398	1385	1382	1380	1398
2	1195	1185	—	—	—	—
0,5	1123 ⁽¹⁾	—	—	—	—	—
10	1119	1118	—	1110	1092	—
2	1040	—	—	—	—	—
0,2	952,3	—	—	—	—	—
0,2	949,4	946	—	—	—	—
0,2	930,6	—	—	—	—	—
0,2	929,8	926	—	—	—	—
0,7	881,9	—	—	—	—	—
3	866,2	—	—	—	—	—
1	860,0	836	—	—	—	—
3	844,2	—	—	—	—	—
1	838,5	835	—	—	—	—

⁽¹⁾ Ellis (16) a pu observer les satellites des raies de HR 1119 et 1760, à l'aide de son grand aimant permanent, et son appareil à déviation de diamètre environ deux fois plus grand que celui de mon appareil.

Dans le tableau III j'indique les raies données par Black et qui n'existent pas d'après mes expériences.

TABLEAU III

Intensité	H ρ
1,5	2095
0,5	1926
2,0	1452
15,0	1352

Je n'ai jamais observé des raies qui pouvaient exister sur certains clichés et manquer sur d'autres comme le signale Black (6). Ce phénomène est sans doute dû au mode de préparation des sources par Black et qui pouvaient contenir du RaD. D'autre part, j'ai observé que des projections de matière active près de la source pouvaient donner lieu à des raies parasites.

II. — L'interprétation du spectre des rayons β de ThB.

Les rayons β qui forment les groupes discontinus sont des électrons extra-nucléaires émis par les atomes dont le noyau émet un quantum d'énergie. Les rayons β du tableau I s'interprètent très bien, en admettant qu'ils sont dus à des rayons, convertis dans l'atome de numéro atomique 83, transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$. Les énergies des niveaux électroniques de cet atome sont :

K	90,0 eKV
L ₁	16,4 eKV
L ₂	15,7 eKV
L ₃	13,4 eKV
M	4,0 eKV
N	1,0 eKV.

L'interprétation (*) de l'origine des raies est donnée dans le tableau IV.

(*) Cette interprétation que j'ai publiée dans le mois de mars (*C. R.*, t. 194, p. 874, 1932) est vérifiée par Ellis dans son article récent (*Proc. Roy. Soc.*, vol. 138, p. 318, 1932).

TABLEAU IV

Energie des rayons $\beta \times 10^5$ volts	Energie de niveau $\times 10^5$ volts	Energie des rayons $\gamma \times 10^5$ volts	Origine
2,854	0,164	3,018	L_1
2,1165	0,900	3,017	K
1,507	0,900	2,407	K
2,244	0,164	2,408	L_1
2,3475	0,157	2,405	L_2
2,368	0,040	2,408	M
2,392	0,010	2,402	N
1,007	0,164	1,171	L_1
1,0135	0,157	1,1705	L_2
0,881	0,900	1,781	K
0,6173	0,164	0,7813	L_1
0,6237	0,157	0,7807	L_2
0,6487	0,134	0,7827	L_3
0,7425	0,040	0,7825	M
0,5865	0,164	0,7505	L_1
0,5940	0,157	0,7510	L_2
0,6173	0,134	0,7513	L_3
0,7147	0,040	0,7547	M

Les rayons γ émis dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$ diffèrent, d'après mes expériences assez notablement de ceux admis par les auteurs antérieurs (Voir le tableau V).

TABLEAU V

Sze Energie $\times 10^{-5}$ e. v.	Black Energie $\times 10^{-5}$ e. v.	Ellis Energie $\times 10^{-5}$ e. v.	Thibaud Energie $\times 10^{-5}$ e. v.	Meitner Energie $\times 10^{-5}$ e. v.
3,018	3,018	2,96	2,995	2,966
2,407	2,407	2,36	2,35	2,357
—	—	—	1,836	—
1,781	—	—	—	—
1,711	—	—	—	—
0,781	—	—	—	—
0,751	—	—	—	—

Remarque (1). — J'ai interprété les deux raies de $HR = 1119$ et 1123 du tableau I comme ayant leur origine dans les niveaux L_1 et L_2 . La différence énergétique entre ces deux raies est très près de la différence entre ces niveaux. Le rayon γ excitateur a donc une énergie $1,171 \times 10^5$ électron-volts au lieu de $1,9 \times 10^5$ électron-volts. Les rayons β correspondant au niveau K (d'énergie $0,27 \times 10^5$ e. v.) sont, difficiles à discerner.

Thibaud (6) a admis un rayonnement γ d'énergie $1,836 \times 10^5$ e. v. d'après une raie d'énergie $0,962 \times 10^5$ électron-volts excitée dans le plomb, et en supposant que cette raie était d'origine K. Comme on n'a pas observé la raie correspondante au niveau L, cette raie peut être interprétée comme étant d'origine L. Le rayonnement γ correspondant sera d'énergie $1,126 \times 10^5$ électron-volts au lieu de $1,836 \times 10^5$ électron-volts.

Remarque (2). — Black (6) a interprété les raies de $H = 835$ et 856 comme dues à des rayons X. J'ai trouvé que les intensités de ces rayons sont différentes de celles données par Black, de plus, chaque raie forme un doublet. J'ai signalé également une autre raie du côté des grandes vitesses. Ces

TABLEAU VI

ThB (Sze)			RaB (Ellis)		
Intensité	HR	Origine	Intensité	HR	Origine
1	838,5	L_1	2	833,0	
3	844,2	L_2	5	838,0	
1	860,0	L_3 L_1	2	855,4	
3	866,2	L_2	5	860,3	
0,7	881,9	L_3	1,5	877,8	
0,2 ⁽¹⁾	929,8	M	3 ⁽¹⁾	926,2	
0,2 ⁽¹⁾	949,4	M	3 ⁽¹⁾	949,2	
(1) Deux bandes de raies très rapprochées.					

cinq raies forment un groupe analogue au groupe de cinq raies connues dans le RaB, et constaté par Ellis (Voir tableau VI).

Une contamination de la source par le RaB est exclue, puisque aucune trace des autres groupes de rayons β (beaucoup plus intenses) de RaB n'existe pas sur mes clichés.

CHAPITRE III

(1) Les rayons β émis par le ThC + C' + C'' (11).

J'ai étudié ce spectre à l'aide du même dispositif expérimental et à l'aide de la même méthode que dans le cas du ThB, seulement avec des temps de pose beaucoup plus longs.

Les sources rayonnantes utilisées étaient équivalentes en rayonnement γ à environ 7 mg. de Ra (mesurées au travers de 1 cm. de Pb).

Des auteurs antérieurs ont constaté l'existence d'un spectre continu dans la région de HR 4 000 à 8 000 environ.

J'ai pu mettre en évidence l'existence de trois raies nouvelles de HR = 6 000 environ.

Mes déterminations de HR pour les groupes de rayons β très intenses sont en bon accord avec les résultats des auteurs antérieurs. J'ai confirmé les groupes de rayons β moins intenses trouvés par Ellis et Black. Mais en ce qui concerne les rayons de faible intensité, il y a quelques désaccords.

Je donne l'ensemble du spectre dans le tableau VII.

TABLEAU VII

Intensité	HR	Energie $\times 10^{-5}$ eV.	Intensité	HR	Energie $\times 10^{-5}$ eV.
m. i. . . .	10340	26,36	f.	2310	3,510
t. i. . . .	10100	25,64	f. (1) . . .	2274	3,420
f. (1) . . .	6714	15,69	f. (1) . . .	2124	3,066
f. (1) . . .	6275	14,41	f. (1) . . .	2161	3,154
f. (1) . . .	6185	14,15	m. f. . . .	1985	2,734
f. (1) . . .	4600	9,620	m. i. . . .	1935	2,631
f.	4337	8,883	m. f. . . .	1850	2,450
f. (1) . . .	4162	8,395	m. f. . . .	1822	2,380
f.	4006	7,960	m. f. . . .	1713	2,144
m. i. . . .	3900	7,671	i.	1664	2,041
f. (1) . . .	3670	7,041	f.	1621	1,950
m. f. . . .	3617	6,897	t. i. . . .	1605	1,918
f.	3559	6,739	m. f. . . .	1503	1,711
m. i. . . .	3403	6,318	m. i. . . .	1479	1,663
f. (1) . . .	3200	5,776	f.	1374	1,460
m. i. . . .	3153	5,652	f.	1278	1,283
f.	3039	5,353	m. i. . . .	1249	1,231
m. f. . . .	2928	5,063	f. (1) . . .	1213	1,167
m. f. (1) .	2891	4,968	m. f. . . .	1152	1,063
t. i. . . .	2888	4,960	f.	1060	0,912
f. (1) . . .	2858	4,880	m. i. . . .	690,0	0,4037
f. (1) . . .	2731	4,556	i.	683,2	0,3973
t. i. . . .	2612	4,254	f.	659,2	0,3708
f. (1) . . .	2566	4,138	t. i. . . .	657,0	0,3686
f. (1) . . .	2547	4,091	f.	659,0	0,2787
f.	2483	3,936	i.	548,2	0,2592
f. (1) . . .	2444	3,837	m. i. . . .	542,5	0,2539
f. (1) . . .	2380	3,681	t. i. . . .	541,5	0,2530

(1) Ce sont les raies nouvelles.

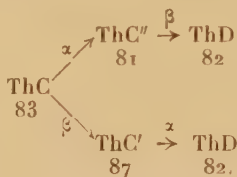
(t. i., très intense; i., intense; m. i., moyennement intense; m. f., moyennement faible; f., faible).

(2) L'interprétation de ce spectre β .

Le spectre ci-dessus est obtenu à l'aide d'une source de ThB + C + C' + C''. L'attribution des raies ne fait pas de difficulté quand il s'agit de ThB et ThC + ThC' + ThC'',

car j'ai isolé ces derniers corps et j'ai identifié les raies qui leur appartiennent. En ce qui concerne l'attribution entre ThC et ThC' et ThC'', on peut se laisser guider par les considérations suivantes.

Rappelons d'abord le schéma de désintégration.



Si par exemple, le noyau de ThC, en émettant une particule α , émet immédiatement un rayon γ , ce rayon γ sera converti dans l'atome numéro 81, c'est-à-dire dans l'atome ThC''. Et si l'atome de ThC'', en émettant une particule β , émet des rayons γ , ces rayons seront convertis dans l'atome de ThD, c'est-à-dire dans l'atome numéro 82. L'expérience peut déterminer la différence de deux groupes de rayons β (d'origine K et L_1 par exemple), avec précision puisque ces deux raies existent en général sur le même cliché. D'un côté les raies correspondantes ne sont pas trop éloignées, de façon que l'effet d'une légère non homogénéité du champ magnétique n'intervient pas, d'autre part elles ne sont pas trop rapprochées et leur distance mutuelle peut ainsi se mesurer avec précision.

Les auteurs antérieurs ont admis que tous les rayons γ sont convertis dans l'atome numéro 82. D'après mes mesures j'ai trouvé que l'on a une meilleure concordance numérique en admettant qu'une partie de ces rayons est due à la conversion interne dans l'atome du numéro 81 (*).

(*) Cette conclusion paraît en accord avec les résultats de G. D. Ellis (14), qui a trouvé que dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}'$, il y a émission de rayonnement γ d'énergie 41 eKV et 287 eKV.

Ces rayons γ sont dans le tableau 9.

TABLEAU IX

Intensité	Energie			Origine des rayons β
	des rayons β $\times 10^{-5}$ eV.	des niveaux $\times 10^{-5}$ eV.	des rayons γ $\times 10^{-5}$ eV.	
t. i.	0,2530	0,153	0,406	L_1
i.	0,2590	0,147	0,4062	L_2
f.	0,2787	0,126	0,4047	L_3
t. i.	0,3696	0,037	0,4056	M
i.	0,3973	0,005	0,4063	N
m. i.	0,4037	0,001	0,4047	O
i.	2,041	0,852	2,893	K
m. f.	2,734	0,153	2,877	L_1
m. f.	2,450	0,852	3,302	K
f.	3,154	0,153	3,307	L_1
t. i.	4,960	0,852	5,812	K
m. i.	5,653	0,153	5,805	L_1

Ce fait expérimental montre que dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$ il y a émission de rayons γ 40,6 eKV, 289,3 eKV, 330,2 eKV, 581,2 eKV.

Une partie des autres rayons β s'interprète comme étant due à des rayons γ convertis dans l'atome de numéro atomique 82 (voir tableau 10).

TABLEAU X

Les rayons γ convertis dans l'atome n° 82.

Intensité	Energies des rayons β $\times 10^{-5}$ e. v.	Energies des niveaux $\times 10^{-5}$ e. v.	Energies des rayons γ $\times 10^{-5}$ e. v.	Origine
m. i.	1,231	0,875	2,106	K
f.	1,950	0,158	2,108	L
m. f.	1,760	0,875	2,335	K
f.	2,170	0,158	2,328	L
t. i.	1,918	0,875	2,793	K
m. i.	2,631	0,158	2,789	L
m. f.	1,663	0,875	2,538	K
f.	2,380	0,158	2,538	L
t. i.	4,254	0,875	5,129	K
m. i.	4,968	0,158	5,126	L
m. i.	6,318	0,875	7,193	K
f.	7,041	0,158	7,199	L
m. i.	7,671	0,875	8,546	K
f.	8,385	0,158	8,543	L
t. i.	25,64	0,875	26,52	K
m. i.	26,36	0,158	26,52	L

Et j'admets que les rayons β ci-dessous de faible intensité sont dus aux rayons γ convertis dans l'atome numéro 82.

TABLEAU XI

Intensité	Energies des rayons β $\times 10^{-5}$ e. v.	Energies des niveaux $\times 10^{-5}$ e. v.	Energies des rayons γ $\times 10^{-5}$ e. v.	Origine
m. f.	1,063	0,875	1,938	K
f.	1,167	0,875	2,042	K
f.	1,283	0,875	2,150	K
f.	1,711	0,875	2,586	K
f.	3,066	0,875	3,914	K
f.	3,420	0,875	4,295	K
f.	4,138	0,875	5,013	K
f.	3,837	0,875	4,712	K
f.	4,556	0,875	5,431	K
f.	4,880	0,875	5,755	K
f.	5,777	0,875	6,652	K
f.	6,739	0,875	7,614	K
m. f.	6,879	0,875	7,772	K
f.	7,960	0,875	8,835	K
f.	8,883	0,875	9,758	K
f.	9,620	0,875	10,495	K
f.	14,15	0,875	15,03	K
f.	14,41	0,875	15,29	K
f.	15,69	0,875	16,57	K

CHAPITRE IV

Les rayons β émis par le dépôt actif de l'actinium (12)

L'expérience se fait à l'aide d'un fil portant le dépôt actif de l'Ac. Le dispositif expérimental est analogue à celui utilisé dans mes expériences avec le dépôt actif de thorium. Les valeurs HR des raies sont déterminées relativement à la raie très intense de ThB, en faisant des expériences avec un fil actif portant simultanément les dépôts actifs de l'Ac et du Th (voir cliché 5 et 6 de planche II). Les intensités relatives sont estimées en variant les temps de pose de diverses raies de façon à avoir le même noircissement sur la plaque photographique. Les intensités sont calculées d'après les temps de pose et en tenant compte de la décroissance de la source et de la différence des rayons de courbure décrits.

Les résultats de mes expériences sont groupés avec ceux de Hahn et Meitner dans le tableau XII. La valeur de HR de la raie très intense de ces auteurs est de $1/200^e$ plus petite que la mienne. Pour la raie de HR 766, la valeur de ces auteurs de $2/100^e$ plus petite que la mienne. D'après mes expériences, l'intensité des raies de HR 2418, 2670 et 2772 discernées par eux doit être inférieure à $1/100^e$ de celle de la raie de HR 1953, en admettant que ces groupes sont réellement émis par le dépôt actif de l'Ac, ce que je n'ai pas pu confirmer.

TABLEAU XII

Le spectre β du dépôt actif de l'Ac.

Sze			Origine	Hahn et Meitner			Origine
Intensité	HR	Energie en eKV		Intensité	HR	Energie en eKV.	
10	766,8	49,6		20	734	45,6	
100	1953	267,4	K 81	100	1942	264,7	K 82
15	2149	312,5	K 83	35	2184	320,8	
20	2252	337,1	L ₁ 81	35	2263	339,6	L 82
5	2304	249,9	M 81	30	2314	351,9	M 82
—	—	—		? 50	2418	377,2	K 82
2	2456	386,8	L ₁ 83	30	2472	390,6	K 82
—	—	—		? 20	2670	440,2	L 82
—	—	—		? 15	2772	466,2	L 82

D'après la différence énergétique entre les deux groupes de HR 2149 et 2456 (égale à la différence K — L₁ de l'atome numéro atomique 83), ces rayons β sont dus à la conversion d'un quantum d'énergie de 402 eKV, dans l'atome de numéro atomique 83, c'est-à-dire émis dans la transformation $\text{AcB} \xrightarrow{\beta} \text{AcC}$. Les trois groupes de HR 1953, 2252 et 2307, sont d'après leurs différences énergétiques (égales aux différences K — L₁ et K — M de l'atome numéro atomique 81) dus à la conversion d'un quantum d'énergie de 352 eKV, dans l'atome de numéro atomique 81, dans la transformation de $\text{l'AcC} \xrightarrow{\alpha} \text{AcC}''$.

Mme Pierre Curie a bien voulu me faire la remarque que le rayonnement γ 402 eKV émis dans la transformation $\text{AcB} \xrightarrow{\beta} \text{AcC}$ est plus dur que le rayonnement γ 352 eKV émis dans la transformation $\text{AcC} \xrightarrow{\alpha} \text{AcC}''$ et que cela paraît anormal, puisque la période de l'AcB est 36,0 min., tandis que la période de l'AcC est seulement 2,16 min. Il est possible

que cette anomalie peut s'expliquer par le fait que les rayons γ discernés sont peu nombreux. Il est probable qu'il existe un certain nombre de rayons β de faible intensité qui échappent encore à l'observation dans ce spectre. En effet, j'ai remarqué des raies de faible intensité dans diverses régions du spectre, le nombre d'expériences que j'ai réussi à faire à l'aide d'une source rayonnante très précieuse du dépôt actif de l'Ac est relativement petit en comparaison avec le cas du dépôt actif du thorium.

DEUXIÈME PARTIE

En partant des données expérimentales citées dans la partie précédente, nous pouvons déduire des informations importantes concernant les niveaux nucléaires, et l'origine de l'émission des rayons γ .

Nous discutons dans le chapitre premier les niveaux nucléaires dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$. Dans le deuxième chapitre, je discute l'évidence de l'existence d'une liaison numérique entre l'énergie des rayons γ et les différences énergétiques des groupes de rayons α émis par le ThC et l'AcC. Dans le troisième, je donne les niveaux nucléaires dans la transformation $\text{ThC}'' \xleftarrow{\beta} \text{ThD}$, et dans le quatrième deux courtes remarques sur la probabilité de conversion interne des rayons γ et l'homogénéité d'un groupe de rayons γ .

CHAPITRE PREMIER

Les niveaux nucléaires dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$

L'analyse des données expérimentales permet de classer les rayonnements γ dans les schémas analogues aux niveaux extra-nucléaires.

Ces niveaux caractérisent l'état nucléaire pendant une transformation. Prenons le cas de niveaux nucléaires calculés d'après les rayons γ dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$, ces niveaux ne sont pas ceux du noyau de ThB, parce que ce n'est déjà plus le noyau de ThB quand il a émis la particule β .

Les rayons γ émis pendant la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$ sont 301,8 eKV, 240,7 eKV, 178,1 eKV, 117,1 eKV et 78,1 eKV, 75,1 eKV. Nous avons :

$$\begin{aligned} 301,8 + 117,1 &= 418,9 \\ 240,7 + 178,1 &= 418,8. \end{aligned}$$

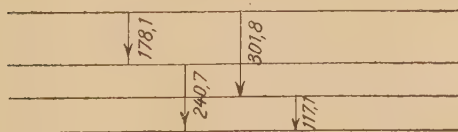


Fig. 2.

Ces deux sommes sont égales. Le schéma de niveaux nucléaires dans la transformation $\text{ThB} \xrightarrow{\beta} \text{ThC}$ est probablement de la forme de figure 2.

Nous remarquons que si l'on renverse ce schéma de bas en haut, le classement n'en est pas affecté.

CHAPITRE II

(1) L'existence d'une liaison numérique entre l'énergie des rayons γ et la structure fine de rayons α de ThC et de l'AcC.

Dans le cas du dépôt actif de ThC, j'ai trouvé que dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$ est accompagné par l'émission des rayonnements γ suivants :

$$\begin{aligned} 40,6 \text{ eKV} \\ 289,3 \text{ eKV} \\ 330,2 \text{ eKV} \\ 581,2 \text{ eKV} \end{aligned}$$

Ces valeurs sont égales à la précision des mesures près à la différence des groupes de rayons α de ThC, en effet, on a :

$$\begin{aligned} 40,6 &= \alpha_1 - \alpha \text{ ThC} = 40,6 \\ 289,3 &= \alpha_2 - \alpha \text{ ThC} = 291 \\ 330,2 &= \alpha_2 - \alpha_1 \text{ ThC} = 331,6 \\ 581,2 &= \alpha_5 - \alpha \text{ ThC} = 585 \end{aligned}$$

Dans le cas du dépôt actif de l'actinium, nous avons trouvé que dans la transformation $\text{AcC} \xrightarrow{\alpha} \text{AcC}''$, il y a émission d'un seul groupe de rayons γ d'énergie 352,3 eKV qui est justement (à la précision des mesures) égale à la différence énergétique de 353 eKV des deux groupes de rayons α de AcC.

Ces résultats montrent en définitive l'existence d'une liaison numérique dans le cas de ThC et de l'AcC.

(2) Les sauts quantiques observables
parmi les états quantifiés dans la transformation



Lorsque le ThC émet les divers groupes de rayons α certains noyaux émetteurs sont excités et reviennent immédiatement à l'état normal par émission d'un quantum d'énergie égale à l'énergie en excès.

Nous n'avons pas pu confirmer l'existence de deux groupes de rayons β d'énergie 57,7 eKV et 75,8 eKV, correspondant à deux rayons γ d'énergie 145 eKV et 163 eKV qui sont interprétés par Gamow (*) comme émis pendant les deux sauts quantiques $\alpha_4 - \alpha_2$ et $\alpha_3 - \alpha_2$ (fig. 3).

Au contraire nous avons trouvé, parmi les raies nouvellement discernées, trois groupes de faible intensité 535,3 eKV, 409 eKV, 368,1 eKV. On ne peut pas encore fixer l'origine exacte de ces rayons faibles. Si l'on ajoute à l'énergie de ces groupes l'énergie d'absorption de K (85,2 eKV) de l'atome 81, les rayons γ seront d'énergie 620,5, 494,3 et 453,3 eKV qui sont égales à des différences énergétiques entre des groupes de rayons α de ThC. Il paraît très probable que ces rayonnements γ sont dus à des sauts quantiques entre les états quantifiés dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$.

En admettant que les deux groupes de rayons β 393,6 et 351,0 eKV. Sont émis aussi pendant la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$ nous avons l'ensemble des rayons γ émis dans la transformation $\text{ThC} \xrightarrow{\alpha} \text{ThC}''$ dans le tableau XIII, et les sauts quantiques observés sont donnés dans la figure 3.

(*) G. GAMOW, *Atomic Nuclei and radioactivity*, p. 66.

TABLEAU XIII

L'énergie des rayons γ en eKV.	Les rayons β observés
40,6	L_1 L_2 L_3 M N O
289,3	K L
330,2	K L
436,2	K
453,3	K
478,8	K
494,3	K
581,2	K L
620,5	K

K. Bechert (13) a supposé qu'on peut construire des règles de sélection du type $i = 0$ et ± 1 , en mettant les six niveaux arbitrairement i et $i \pm 1$. D'après nos résultats, cette règle de sélection n'est pas vérifiée. Il paraît plutôt que tous les sauts quantiques qui finissent dans l'état α et α_1 sont observables.

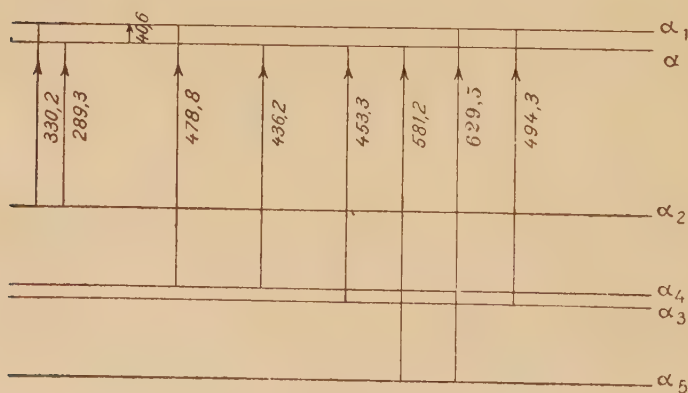


Fig. 3.

CHAPITRE III

Les niveaux nucléaires dans la transformation



Parmi les rayons γ des tableaux 10 et 11, il existe plusieurs rayons dont l'énergie est égale à la somme de deux autres rayons γ . Cette relation nous permet de former le schéma de niveaux nucléaires pendant la transformation $\text{ThC}'' \xrightarrow{\beta} \text{ThD}$ (fig. 4).

Il faut noter qu'il y a des rayons γ que l'on ne peut pas grouper dans ce schéma, notamment le rayon γ d'énergie $26,52 \times 10^5$ électron-volts.

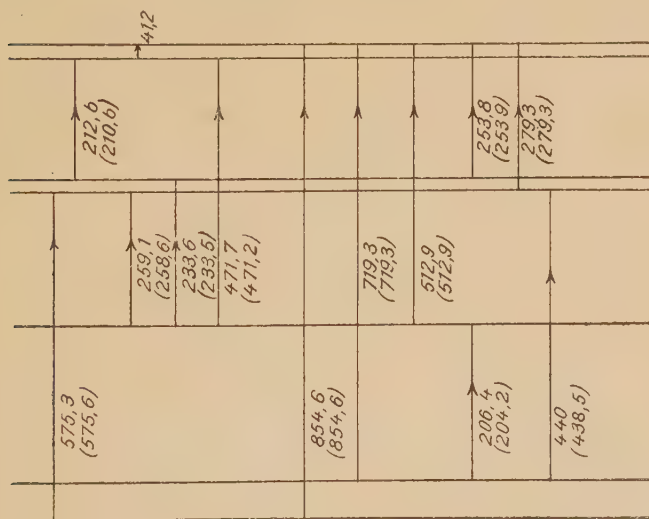


Fig. 4.

CHAPITRE IV

(1) Sur la conversion interne des rayons γ .

On pourrait admettre avec certains auteurs que les rayons β d'origine de niveau L_2 ne sont pas observables, quand il s'agit de rayons γ d'énergie relativement grande environ 150 eKV. Les résultats de mes expériences montrent, qu'il ne peut pas en être ainsi.

Les rayons β d'origine L_2 correspondant à rayons γ énergie 240 eKV environ sont encore discernables.

(2) Sur l'homogénéité des rayons γ .

Nous avons obtenue la raie HR 1398 de ThB avec une largeur aussi fine que 0 mm. 003. Le rayon de courbure décrit est 4 cm. Le pouvoir séparateur est de l'ordre de $3/100 \times 8 \doteq 1/1700$. Cette raie garde son aspect normal. De cette valeur du pouvoir séparateur nous en concluons que ce groupe de rayons β est homogène au moins à 90 électron-volts près, et le groupe de rayons γ d'énergie 240,7 eKV est homogène au moins à 140 électron-volts près.

Ces recherches ont été exécutées au laboratoire Curie de l'Institut du Radium. J'exprime ici mes sentiments de reconnaissance à Mme Pierre Curie de son intérêt porté à l'ensemble de ce travail et d'avoir mis à ma disposition le matériel important nécessaire à ces expériences. Je remercie M. S. Roseblum et M. Grégoire pour les conseils et l'aide amicale apportée au cours de ce travail. Je tiens également à remercier le gouvernement de Chine pour l'attribution d'une bourse qui m'a permis de poursuivre ce travail pendant mon séjour en France.

BIBLIOGRAPHIE

1. SZE SHIH-YUAN. — *C. R.*, t. 194, p. 874, 1932.
 2. S. ROSENBLUM. — *C. R.*, t. 188, p. 1401, 1929; *Journ. de Phys.*, vol. 1, p. 438, 1930.
 4. N. FEATHER. — *Phys. Rev.*, vol. 34, p. 1558, 1929.
 5. G. GAMOW. — *Nature*, vol. 126, p. 396, 1930.
 6. L. MEITNER. — *Zeit. f. Phys.*, 9, 131, 1922; *Zeit. f. Phys.*, 11, 35, 1922.
C. D. ELLIS. — *Proc. Camb. Phys. Soc.*, 21, 121, 1922; *Proc. Roy. Soc.*, vol. 109, p. 166, 1925.
BLACK. — *Proc. Roy. Soc.*, vol. 109, p. 166, 1925.
J. THIBAUD. — *Thèse Paris*, 1925.
YOVANOVITCH et d'ESPINE. — *C. R.*, t. 180, p. 202, 1925.
 7. HAHN et MEITNER. — *Zeit. f. Phys.*, 34, 795, 1925.
 8. RUTHERFORD, WARD et WYNN-WILLIAMS. — *Proc. Roy. Soc.*, vol. 129, p. 211, 1930.
 9. Mme P. CURIE et S. ROSENBLUM. — *J. de Phys. et de Rad.*, t. II, p. 309, 1931.
 10. S. ROSENBLUM et DUPOUY. — *C. R.*, 194, p. 1919, 1932.
 11. S. Y. SZE. — *C. R.*, t. 194, p. 2207, 1932.
 12. S. Y. SZE. — *C. R.*, t. 195, p. 773, 1932.
 13. K. BECHERT. — *Nat. Wiss.*, p. 366, 1932.
 14. C. D. ELLIS. — *Proc. Roy. Soc.*, vol. 136, p. 396, 1932.
 15. D'ESPINE. — *Ann. de Phys.*
 16. C. D. ELLIS. — *Proc. Roy. Soc.*, A, vol. 138, p. 318, 1932.
-

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Le passage des rayons β à travers la matière.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 6 Décembre 1932.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

CH. MAURAIN.

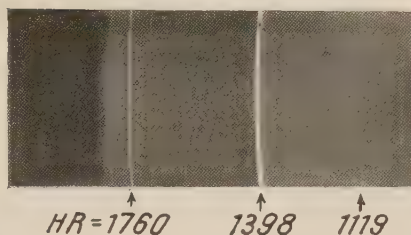
VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

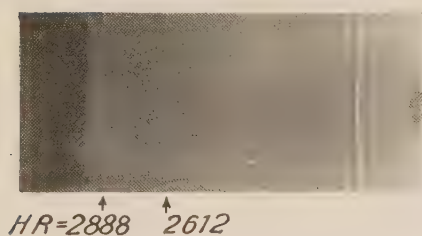
S. CHARLÉTY.

PLANCHE I

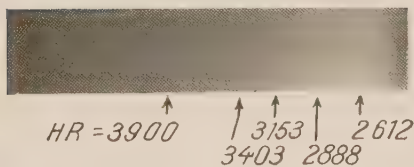
Cliché (1) ThB + C + C' + C''



Cliché (2) ThC + C + C' + C''



Cliché 3 (ThC + C' + C'')



(Il existe des raies de faible intensité que l'on ne voit pas sur ces photo-copies).

PLANCHE II

Cliché (4) ThC + C' + C''



↑
HR=10100.

Cliché (5) ThB + C + C' + C'' + AcB + C + C' + C''



↑ ↑ ↑ ↑ ↑
HR=2612(ThC') 2252(AcC) 2149(AcB) 1953(AcC) 1760(ThB)

Cliché (6) ThB + C + C' + C'' + AcB + C + C' + C''



↑ ↑ ↑
HR=767(du dépôt actif de L'Ac.) 657 542 (deThC)

(Clichés 5 et 6 ont été faits à l'aide d'une source portant simultanément le dépôt actif du thorium et de l'actinium).

